

54. ピボットに働く摩擦率の測定

地震研究所 石本 巳 四 雄
 萩 原 尊 禮
 吉 田 幸 雄

(昭和七年七月五日發表——昭和七年九月二十日受理)

緒 言

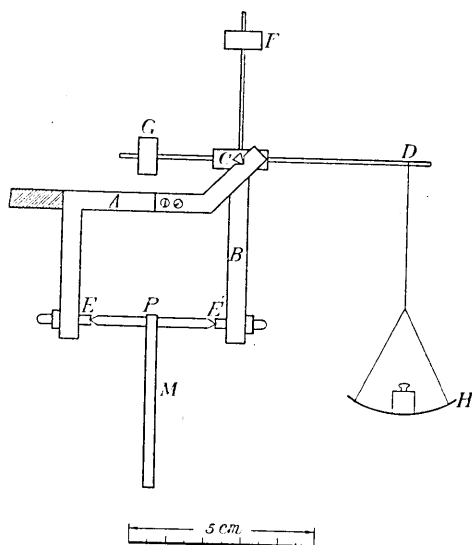
従来地震計の性能を論ずるに當つて、固體摩擦としては煤紙上を滑る描針に於ける摩擦のみを問題として居たが、地震動を槓桿を用ひて擴大する時その回轉軸には多くピボットを使用する關係上其處に働く固體摩擦をも考慮することが必要である。然し此のピボットに働く摩擦率に關しては充分の調査が見當らぬため、今回此の摩擦率の大きさ、性質を測定するため實驗を試みることにした。

装 置

測定に用ひた装置は第一圖に示す如く、 A 、 B の兩部分より成り、 A は臺に固定せられ、 B は双先 C に依り A の上に支へられて居る。質量 F 及 G の位置を適當に加減し、 B 部分の重心を双先 C に持ち來たす。而して CE' の距離と CD の距離とは等しいから、 D に於ける重錘の重量に等しい力がピボットの兩端に働くことになる。又ピボット P には軽いアルミニウムの棒 M を附し一種の振子を形成せしめる。

此の振子の運動を考へるに、振幅が相當小であり又空氣の抵抗を度外視すれば次の式で表される

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + mgh\theta \pm R = 0,$$



第 1 圖 實驗の裝置

但し、 $\frac{d\theta}{dt} > 0$ のとき $+R$, $\frac{d\theta}{dt} < 0$ のとき $-R$

此處に θ は振子の廻轉角、 I は振子の慣性能率、 m は振子の質量、 h は振子の廻轉軸より重心に至る距離、 g は重力常數、 R はピボットに働く固體摩擦力率、 t は時間である。

従つて $t=0$ に於いて $\frac{d\theta}{dt}=0$, $\theta=\theta_0$ とすれば

$$\theta \pm \rho = (\theta_0 \pm \rho) \cos \sqrt{\frac{mgh}{I}} t,$$

$$\rho = \frac{R}{mgh}.$$

従つて一往復振動に依る振幅の減小は 4ρ となり、 θ_0 に比較して ρ が小である時は、或る定つた角 θ_0 から振子を振動せしめて振子が靜止するに至る迄の振動回数を N と置けば次の關係が得られる。

$$4N\rho = \theta_0,$$

従つて

$$R = \frac{mgh\theta_0}{4N}.$$

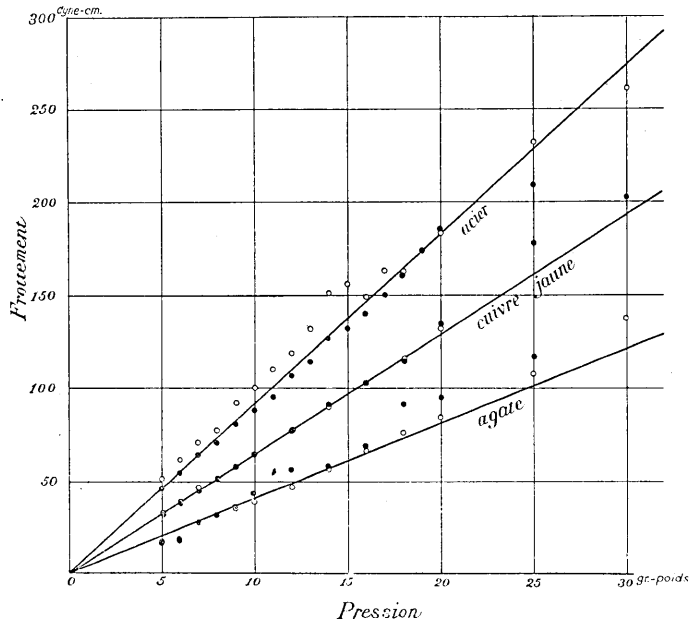
此の式に依り、 θ_0 及び N を測定することに依り簡単に摩擦力率 R を決定することが出来る。

實驗に用ひたピボットは焼入鋼鐵製で、先端の鈍、鋭及び其の中間の三種、受けの皿は眞鍮、鋼鐵、瑪瑙の三種を採用し、是等を色々に組合せピボットに加はる壓力を變化せしめて測定を行つた。上述の方法から求めた結果がどの程度まで正確であるかを知るため、ピボットの受皿が鋼鐵の場合に就き、振子の運動を寫眞装置により廻轉ドラム上のプロマイド紙に記録せしめ、一般の固體摩擦の値を出す時と同様の方法に依り摩擦力率の値を定めて見た。二方法に依つて得られた結果を比較すると極めて良く一致し、寧ろ前者の方が簡單であつて多くの數値が得られ其の平均を取ることに依つて満足すべき値を得ることが出来ることが判つた。尙寫眞記録の上からは空氣に依る摩擦の影響を省略して良いことも確められた。

實 驗 の 結 果

實驗はピボットに加はる壓力の小なる場合より開始し次第に壓力を増加し、或る値に達して後又壓力を次第に減少せしめて始めの壓力に戻した。普通一つの場合に就き五回の測定をなしその平均の値を採用することとした。第二圖はその一例としてピボ

ットの鈍なる場合に就いて得られた結果を示すものである。此の圖より明かなる如



第 2 圖 壓力と摩擦率との關係 (ピボット鈍)

○壓力を増加せしめた場合
●壓力を減少せしめた場合

く、摩擦率率は後に述べる特別な場合を除いてはピボットに加はる壓力に大體比例することが判る。各の場合に就き得られた壓力 10 gr-poids に對する摩擦率率の平均の値は次の表に示す如くである。即ち、瑪璃の受皿が摩擦率最も少く眞鍮、鋼鐵は遙かに大きい値を示して居る。

壓力 10 gr-poids に對する摩擦率率
Presscion exercée à la portée est 10 gr-poids

ピボット (Pivot)	受皿 (portée)			比 (proportion)
	鋼鐵 (acier)	眞鍮 (cuivre jaune)	瑪璃 (agate)	agate acier (cuivre jaune)
鈍 (obtu)	93.1 dyne-cm	63.2	39.9	0.43 (0.63)
中 (intermédiaire)	51.5	4.61	5.73	0.11 (0.12)
鋭 (aigu)	2.02	2.44	0.664	0.33 (0.27)

論 議

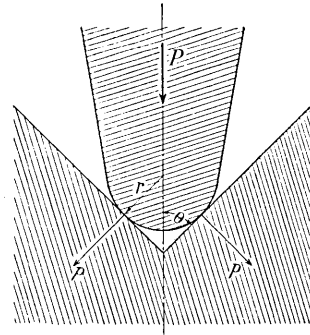
ピボットに働く摩擦率率はピボット、受皿の形狀並に其等の物質間の摩擦係數に依

つて異なるものと考へられる。今第三圖に示せる如く、ピボットに加はる力を P 、ピボットと受皿の接觸面に働く壓力を p 、接觸面の面積を s 、ピボットの軸と受皿の面との爲す角を θ 、接觸部の摩擦係数を μ とし、尙ピボットの先端の形狀を球の一部と考へ其の半徑を r とすれば、

$$P = sp \sin \theta,$$

従つて摩擦として作用する力の能率 M は

$$\begin{aligned} M &= \mu \cdot ps \cdot r \cos \theta \\ &= \mu r P \cot \theta. \end{aligned}$$

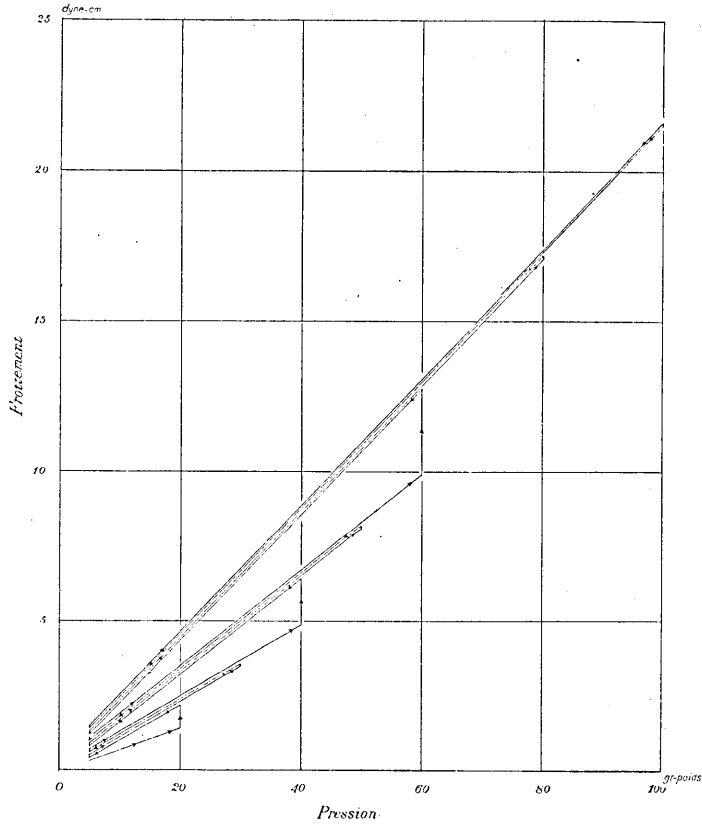


第 3 圖

實驗に使用したピボットの尖端を寫眞に依り擴大して求めた r の値は鈍は 0.22 mm、中は 0.12 mm、鋭は 0 に近く測定出来ない程度である。又 θ を測定する爲、先づ受皿の圓錐形面に當つて反射する光を目標として顯微鏡を備へ、然る後此の面とは圓錐の軸に對して對稱の位置にある圓錐面が反射光を送るに至るまで、受皿を光線を含む平面に直角な軸の廻りに廻轉せしめ、其の廻轉角を測定することに依り兩面間の角 (2θ) を定めた。かくして得た θ の値は鋼鐵 42.°8 眞鍮 49.°5、瑪瑙 52.°5 である。

ピボットが鈍であつて受皿が瑪瑙の場合に就いて $\mu = 0.1$ として是等の値から $P = 10$ gr. poids に對する M の値を計算して見ると 16.5 dyne-cm となる。吾々の實驗に於いてはかかる力がピボットの兩端に働く結果、摩擦力率は $2M$ 即ち 33.0 dyne-cm となるから、實驗より得たる 39.9 dyne-cm とほぼ一致することが判る。他の場合に就いても同様であるが、受皿の中央に近づくと θ が上に得た値より大きくなるため、ピボットが鈍でない場合は計算値よりも實際に得た値の方が小である。

先端の鋭なピボットの摩擦力率は或る大きさの壓力を加へて後再び壓力を減ずるとも前の値に歸ることなく大なる値を採る。之は或る壓力に達すればピボットの先端は其の壓力に耐へることなく、變形し損傷せられる爲めと考へられる。第四圖は先端の鋭なピボット、受皿瑪瑙の場合に得られた結果を示すものである。之は始め鋼鐵燒入ピボットの先端は良く磨かれ鋭く尖つたものに壓力を 5 gr. poids より始めて次第に増加し 20 gr. poids に至つて後壓力を次第に減少せしめ 5 gr. poids まで歸り、次に又壓力を増加して 25 gr. poids に至り再び壓力を減少せしめ元へ歸り、かかる操作を 100 gr. poids の壓力まで行つた場合の摩擦力率變化の狀況を示すものである。或



第 4 圖 ビボットの先端を鋭く磨いた場合、壓力を次第に増減せる時の摩擦力率の變化

る壓力に達すると急に摩擦力率は増加するが、其の後次の變化が無い限り、壓力と摩擦力率は比例して増減する。このことから、ビボットの先端を鋭く磨ぐときは摩擦力率は小であるが壓力に對して甚だ不安定で損傷し易い、而して損傷を受けると摩擦力率を増加するが一度損傷を受けたものは次の損傷を起す壓力の範囲内で常に壓力と比例する關係を保つて居ることが知られる。

普通吾々が槓桿の支へに用ふる場合は槓桿の重量を零と考へても壓力は 10 gr.poids 程度のものであるから、鋼鐵焼入ビボット、瑪瑙の皿の場合壓力 10 gr. poids に對して 1.0 dyne-cm と云ふ程度の値ならば 20 gr. poids 以内で安定なものを見ることが出来る。又槓桿に重量がある場合には其の重量がビボットに掛かることとなるから、若し其の重量が相當大なる場合は大なる摩擦力率が豫想せられる。従つて之は地震計設計上成るべく注意して避くべきことである。

54. Mesure du moment de frottement au pivot

par Mishio ISHIMOTO, Takahiro HAGIWARA, et Yukio YOSIDA.

Quand on veut discuter le frottement du solide dans le mécanisme d'un sismographe, on remarque toujours simplement le frottement à l'extrémité de la plume faisant contacte avec le papier. D'un autre côté, on doit compter encore le moment de frottement au pivot, s'il y en a, qui se fait le centre de rotation des leviers amplifiant. On a donc exécuté une expérience pour déterminer la valeur de frottement au pivot.

On a pris un petit pendule dont le centre de rotation est constitué par un pivot, auquel la pression longitudinale s'applique par intermédiaire de sa portée. En comptant le nombre d'oscillation libre du pendule dans certain domaine de l'angle, on a constaté la valeur du frottement qui se varie suivant la quantité de pression exercée.

On a employé trois sortes de pivots en acier dont les extrémités ont des aigres différents. Les expériences ont été faites avec des portées constituées par en acier, en laiton ou en agate. On constate que le frottement au pivot est toujours proportionnel à la pression dans une certain limite. Le tableau représente les valeurs du moment de frottement aux trois pivots rapportés aux portées de matériaux différents. Cette fois-ci la pression est tenu 10 gramme-poids. Le moment de frottement calculé d'après la forme de l'extrémités de pivot et celle de la portée etc. s'accorde très bien avec les résultats obtenus par les expériences. Les extrémités du pivot se casse quand la pression augmente plus qu'à certaine valeur. Quoique le frottement devienne grande dans cet état, il tient une valeur proportionnelle à la pression jusqu'au 2^{me} casseur réalisé par une plus grande pression.